

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-186143

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

C23F 4/00

H01L 21/205

H01L 21/304

(21)Application number : 08-327062

(71)Applicant : APPLIED MATERIALS INC

(22)Date of filing : 06.12.1996

(72)Inventor : YAN II

MA DIANA XIABING

GERALD ZEYAO IN

KESHAV PRASAD

MARK SIEGEL

STEVE S MACK

PAUL MARTINEZ

JAMES S PAPANEU

DANNY CHEN RU

(30)Priority

Priority number : 95 568064 Priority date : 08.12.1995 Priority country : US

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR CLEANING BY-PRODUCT OFF PLASMA CHAMBER SURFACE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus for cleaning by-products off the surface of a plasma chamber.

SOLUTION: This method extends intervals of required wet cleaning operation in a chamber by a single plasma-activated dry cleaning step using some kind of mixture of gas containing chlorine and fluorine wherein there is no species containing oxygen or atomic oxygen. The single cleaning step involves (a) an operation of introducing a plasma reactive gas mixture containing halogen, composed of a gas containing fluorine of an equal larger amount and a containing chlorine of an equal or smaller amount, into a vacuum plasma process chamber virtually free from species containing atomic oxygen, (b) an operation of producing the plasma of the above-mentioned reactive gas, and (c) an operation of bringing the above-mentioned plasma and/or the produced species into contact with accumulated residue sticking to the inside surface of the chamber. In the chamber, the plasma gas selectively reacts with organic residue and metal residue, and volatilized into gas species to be removed from the chamber through the outlet port of the chamber.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-186143

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	N
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
				E
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	
21/304	3 4 1		21/304	3 4 1 Z
審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 13 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-327062

(22) 出願日 平成8年(1996)12月6日

(31) 優先権主張番号 08/568064

(32) 優先日 1995年12月8日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 390040660

アプライド マテリアルズ インコーポレ  
イテッドAPPLIED MATERIALS, I  
NCORPORATED

アメリカ合衆国 カリフォルニア州

95054 サンタ クララ パウアーズ ア  
ベニュー 3050

(72) 発明者 ヤン イー

アメリカ合衆国, カリフォルニア州,

キャンプベル, ヴィア サリース 3862

(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

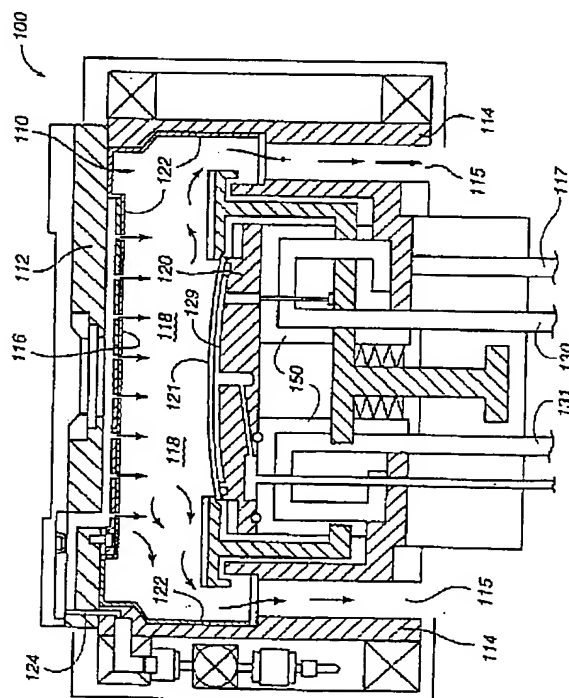
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマチャンバ表面から副生成物をクリーニングするための方法及び装置

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、プラズマチャンバ表面から副生成物をクリーニングするための方法及び装置を提供するものである。

【解決手段】 本発明は、酸素又は原子状酸素含有種が存在しない塩素及びフッ素含有ガスのある種の混合物を使用して単一のプラズマ活性ドライクリーニングステップを提供することにより必要なチャンバの湿式清浄化の間隔を拡張するものである。この単一のクリーニングステップは、(a) 等しいか、より多い量のフッ素含有ガスと、等しいか、より少ない量の塩素含有ガスからなるハロゲン含有プラズマ反応ガス混合物を、原子状酸素含有種を実質的に含まない真空プラズマプロセスチャンバ内へ導入することと、(b) 前記反応ガスのプラズマを発生させることと、及び(c) 前記プラズマ及び/又は発生した種を、プラズマガスが選択的に有機残渣及び金属残渣と反応し、チャンバの出口ポートを通じてチャンバから除かれるガス種に揮発化させるチャンバの内部表面に付着している蓄積した残渣に接触させることを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラズマ処理チャンバの内部表面をクリーニングする方法であって、

a) 等しいか、又はより体積的に多い少なくとも1つのフッ素含有ガスと、等しいか、又はより体積的に少ない少なくとも1つの塩素含有ガスとのエッチャントガス混合物を含む無機ハロゲン含有プラズマ反応ガスをプラズマ処理チャンバへ導入すること、

b) 反応ガス混合物を、原子状酸素含有種が実質的にない環境下で励起してプラズマを形成すること、および

c) チャンバの内部表面をプラズマの揮発性反応種と接触させて、少なくとも一部の有機及び金属性プロセス残渣副生成物が揮発化されチャンバのガス流出口部から除かれることを備える方法。

【請求項2】 請求項1に記載の方法であって、前記残渣の接触が前記プラズマと直接接触することを特徴とする方法。

【請求項3】 請求項1に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{ClF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ からなる群、およびその混合物より選ばれることを特徴とし、前記塩素含有ガスが、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{BCl}_3$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ からなる群、およびその混合物から選ばれることを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項3に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、実質的に、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{ClF}_3$ からなる無機ガスの群、およびその混合物より選ばれることを特徴とする方法。

【請求項5】 請求項3に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、全ガス混合物の体積パーセントで約50から90の量であることを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項5に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、全ガス混合物の体積パーセントで約52%から88%の量であることを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項3に記載の方法であって、前記無機ハロゲン含有ガス混合物が、 $\text{SF}_6/\text{Cl}_2$ であることを特徴とする方法。

【請求項8】 ワークピースのプラズマプロセスに継続する残渣除去のためのプラズマプロセスの方法であって、

a) チャンバとお互いに逆に向けられた一対の電極からなるプラズマプロセス装置を与えること、

b) チャンバ内で、一方の電極が半導体ワークピースを保持し、プラズマグロー放電条件を発生するに十分な電気エネルギーを供給すること、

c) 電極に供給される電気エネルギー条件下でプラズマ生成可能な反応ガスをチャンバへ導入すること、

d) ワークピースを、エッチング副生成物が発生し、汚染残渣堆積物としてチャンバの内部壁に付着するところで、プラズマプロセスすること、

e) ワークピースをチャンバから取りだして、および

f) (I) 等しいか又は体積的に多い量の少なくとも1つのフッ素含有ガスと、等しいか又は体積的に少ない量の少なくとも1つの塩素含有ガスとのプラズマ反応性エッチャントガス混合物を、チャンバの内部空間に導入し、(II) 反応性ハロゲンガス混合物のプラズマを、実質的に酸素種のない環境下で発生し、さらに(III) チャンバの内部表面に付着している蓄積した汚染堆積物に前記プラズマを接触させ、プラズマが残渣をガス性種に変換し、チャンバから除くことからなる方法。

【請求項9】 請求項8に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{ClF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ からなる群、およびその混合物より選ばれることを特徴とし、前記塩素含有ガスが、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{BCl}_3$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ からなる群、およびその混合物から選ばれることを特徴とする方法。

【請求項10】 請求項9に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、実質的に、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{ClF}_3$ からなる無機ガスの群、およびその混合物より選ばれることを特徴とする方法。

【請求項11】 請求項8に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、全ガス混合物の体積パーセントで約50から90の量であることを特徴とする方法。

【請求項12】 請求項11に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスが、全ガス混合物の体積パーセントで約52%から88%の量であることを特徴とする方法。

【請求項13】 請求項9に記載の方法であって、前記無機ハロゲン含有ガス混合物が、 $\text{SF}_6/\text{Cl}_2$ であることを特徴とする方法。

【請求項14】 金属チャンバと、プラズマ発生ガス源と、及び前記ガスを前記エッチングチャンバに導入する手段、及び、前記チャンバ内でプラズマを発生するための、前記チャンバ内の電極と電気的に結合した電磁気エネルギー源とを有するワークピースをプロセスするプラズマ装置において、等しいか、又はより体積的に多い少なくとも1つのフッ素含有ガスと、等しいか、又はより体積的に少ない少なくとも1つの塩素含有ガスとのエッチャントガスからなるプラズマ発生エッチャントガス混合物を、実質的に酸素のないプラズマ環境への導入を制御する手段を有することを特徴とする装置。

【請求項15】 請求項14に記載の装置であって、前記フッ素含有ガスが、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{ClF}_3$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ からなる群、およびその混合物より選ばれることを特徴とし、前記塩素含有ガスが、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{BCl}_3$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ からなる群、およびその混合物から選ばれることを特徴とする装置。

【請求項16】 請求項14に記載の装置であって、前記フッ素含有ガスが、実質的に、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{ClF}_3$ からなる無機ガスの群、およびその混合物より選ばれることを特徴とする装置。

【請求項17】 請求項14に記載の装置であって、前記フッ素含有ガスが、全ガス混合物の体積パーセントで約50から90の量であることを特徴とする装置。

【請求項18】 請求項17に記載の装置であって、前記フッ素含有ガスが、全ガス混合物の体積パーセントで約52%から88%の量であることを特徴とする装置。

【請求項19】 請求項14に記載の装置であって、前記電磁気エネルギー源が前記プラズマ装置と誘導的に結合され、及びフッ素含有ガスが、流速90から約150 s c c mで導入され、同時に塩素含有ガスが流速約80から約20 s c c mで導入されることを特徴とする装置。

【請求項20】 請求項14に記載の装置であって、前記電磁気エネルギー源が前記プラズマ装置と誘導的に結合され、及びフッ素含有ガスが、流速30から約50 s c c mで導入され、同時に塩素含有ガスが流速約140から約20 s c c mで導入されることを特徴とする装置。

【請求項21】 請求項16に記載の装置であって、前記無機ハロゲン含有ガス混合物が、 $\text{SF}_6/\text{Cl}_2$ であることを特徴とする装置。

【請求項22】 反応チャンバの内部表面のドライクリーニングエッチングを実行を含むプラズマ反応装置内でのワークピースの残渣制御プラズマプロセスの方法であって、前記エッチングが進行中の半導体ワークピースのプラズマプロセスでの途中であり、及び(a)等しいか、又はより体積的に多い少なくとも1つのフッ素含有ガスと、等しいか、又はより体積的に少ない少なくとも1つの塩素含有ガスとのエッチャントガスからなるハロゲン含有反応性ガス混合物を、真空プラズマプロセスチャンバへ導入すること、(b)反応性ハロゲンガス混合物のプラズマを、実質的に酸素種のない環境下で発生すること、さらに(c)チャンバの内部表面に付着している蓄積した汚染堆積物に前記プラズマを接触させ、プラズマが残渣をガス性種に変換し、チャンバから除かれることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、真空処理チャンバの内部表面上に蓄積した、先行して堆積した寄生的汚染物残渣を除去する方法及び装置に関する。より詳細には、本発明は、プラズマプロセスチャンバの内部部品及び表面上に半導体残渣蓄積物を除去するために、ある種のハロゲン化洗浄化ガスを供するプラズマ装置及びドライクリーニングエッチングプロセスに関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】半導体装置の幾何学的サイズがより小さくなるにつれ、限界寸法の均一性及び正確性の維持可能性はより厳しいものとなっている。半導体プロセス反応装置で実行されるプロ

セスの多くは、プロセスチャンバ壁上に汚染物堆積を残留させ、陸積して半導体装置を製作する上で有害となるパーティクル物質の源となる。半導体基板構造の寸法サイズがより小さくなるにつれて、半導体ワークピースの表面上の汚染パーティクル物質を無くすることは、今まで以上により重要な目標となっている。半導体プロセスチャンバ壁上に蓄積した粒子状汚染堆積物は、金属エッチングプロセスがチャンバ内で実施された場合に特に重要である。特に、アルミニウムパターンのエッチングは、相対的に大量のそのような蓄積をもたらす。このアルミニウム膜は、プラズマ成分としてハロゲン及びハロゲン化炭素ガスを含む何種類かの反応性ガスを用いて一般的にエッチングされる。より詳しくは、使用されるエッチャントガスは、主に、塩素( $\text{Cl}_2$ )及び三塩化ホウ素( $\text{BCl}_3$ )の塩素含有ガスであり、これらはエッチング時には揮発性の塩化アルミニウム化合物を形成可能とするものであり、揮発性物質は真空を使用することでエッチングプロセスから除かれることとなる。しかしながら、揮発性の塩化アルミニウム化合物とともに、他の活性塩素、及びホウ素含有種が形成され、これはエッチングプロセスチャンバ内に存在する酸素及び水、またはパターン化ホトレジストからの有機物種と反応可能であり、その結果プロセスチャンバの内部壁上及び内部表面上に非揮発性の汚染堆積物を形成する。時間経過に従い、この汚染堆積物の厚さが増加し、付着した堆積物は表面から簡単に剥がれ落ち、小さく砕け、その結果、ワークピース上に落ちて付着し、汚染を引き起こしてウェハワークピースの欠陥となる。これらの条件下でのウェハの重大な欠陥発生を避けるために、チャンバは運転停止し、主洗浄を実施しなければならない。

【0003】知られているプラズマチャンバ清浄化方法は、プラズマエッチングチャンバを開けて、チャンバの部分を取り外し、物理的又は化学的方法で汚染堆積物を取り除くものである。例えば、チャンバは、水及びイソプロピルアルコールの溶液で濯ぐか、又は、種々の汚染物を溶解する溶媒を用いて手で洗うかである。エッチングチャンバは、又は、水で洗い、アルコールで拭い、乾燥させることも可能である。すべてのこれらの「湿式(wet)」清浄化方法は、複雑で、破壊的であり、時間を要するものであり、これがまたさらなる汚染源ともなる。さらに、主清浄化プロセスは、大型のプラズマ反応装置の場合、生産ロスタイムは24時間になり、この清浄化による生産上の障害は極めて高価につく。

【0004】プラズマ励起ドライクリーニングプロセスは存在し、金属エッチング反応チャンバの内部壁と付着した汚染物が四塩化炭素及び酸素を用いてプラズマエッチングすることのより取り除かれるものである。しかし、現在知られているプラズマ励起ドライクリーニングシステムは、ドライクリーニング時間間隔が、金属エッチングプロセス自体に必要な時間の約5%から10%

に等しくなるものである。

【0005】さらに、従来技術のチャンバドライクリーニングプロセスは、 $Cl_2$ 、 $CCl_4$ 、 $HCl$ 、 $CF_4$ 、及び $C_2F_6$ のようなプラズマイエッチングハロゲン化ガスを使用するものである一方、一般的には酸素又は過酸化水素のような酸化剤を使用するものであり、これら酸素化合物は確実に欠点を有するものである。例えば、ハロゲン化合物と、酸素又は酸素含有ガスを含む金属エッチングドライクリーニング処方、不満足なものであることが見出されている。その理由は、粉状のアルミニウム酸ハロゲン化合物の副生成物が形成され、これらは、もともと除去されるべきものと等しいワークピース汚染物であるからである。

【0006】米国特許第5,356,477号明細書(Chen等、1994年、10月18日)には、塩素含有ガスと酸素含有酸化剤の混合物をプラズマプロセスチャンバに導入し、クリーニングガスプラズマを、チャンバの内部表面上の有機及び金属含有残渣プラズマ取り除くべく活性化するという単一ステッププラズマ清浄化方法が開示されている。この特許は、清浄化ガス混合物としてさらに $CF_4$ のようなフッ素化ガスを加えることもできることを教示する。このクリーニングガス処方とプロセスは、プラズマチャンバの内部表面から残渣を効率的に除去する一方、酸素含有ガスの使用は、特許のドライクリーニング処方の必要な部分であり、望ましくないアルミニウム酸フッ化物であってこの清浄化技術の副生成物たる固体状粉末汚染物の形成するゆえに本質的に問題があるものである。

【0007】米国特許第4,786,359号明細書(Gabric等、1994年、1月25日)には、プラズマクリーニングプロセス及び装置が記載されており、 $C_2F_6$ 、又は $CF_4$ のようなフッ化炭素物と、オゾン/酸素混合のようなエッチングガス処方がRF領域において励起周波数で真空チャンバ内で活性化され、チャンバクリーニングが高エッチング速度で効率的に実施される。特許は、ハロゲン化炭素エッチングガスの使用は、プラズマ反応装置内に重合体膜堆積をもたらしことを教示し、また、そのような形成物はそのようなガスの使用においては負因子となることを示す。酸素/オゾン混合物の加えることはそのような重合体形成を抑制し、従って、特許のエッチングガスの必要不可欠の成分である。さらに、上で参照した従来技術のドライクリーニング処方においては、このエッチングガス混合物は、例えばアルミニウム酸フッ化物のような、固体の寄生的フッ化アルミニウム副生成物を生成するものである。

【0008】参照された全てのドライクリーンの従来技術は、ハロゲン及び/又はハロゲン化炭素ガスおよび酸化剤を含むクリーンエッチングガス混合物のプラズマ活性化を記述している。これらのクリーニングガス処方およびプロセスは、効率的にチャンバ内の内部汚染残渣を

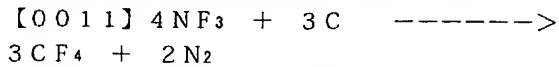
取り除く一方、ウエハプラズマプロセスシステムでのワークピース汚染である非揮発性アルミニウム酸ハロゲン化合物を生成する酸素含有ガスを使用するゆえにその技術は本質的に限定的なものとなるさらに、アルミニウム酸フッ化物のようなアルミニウム酸ハロゲン化合物は、固体の粉状の形状であり、ガス供給プレートの子のようなプロセスチャンバ内の小さなオリフィスをつまらせる。それゆえ、ハロゲンガスドライクリーンエッチングにおいて酸素化種のいかなる使用も、同じく、望ましくないウエハ汚染及びプロセスを弱める生成物である粉状のアルミニウム酸ハロゲン化合物を生成する。

【0009】プラズマプロセスチャンバ壁上の汚染堆積は、プラズマ中でのイオン衝撃又は化学反応により取り除くことが可能である。プラズマチャンバ壁は通常電氣的に接地されているので、チャンバ壁自体へのイオン衝撃(スパッタリグ効果)は一般的にはそれほど効果的でない、また化学反応はチャンバ表面を清浄化するに好ましいものである。化学反応を用いて汚染堆積物を取り除く最も好ましい方法は、プラズマプロセスチャンバからすん食うポンプにより除かれるようにその堆積物を揮発性種に変換することである。それゆえ、ドライクリーニングプラズマプロセスチャンバ(特に金属エッチングチャンバ)の方法であって、プロセスチャンバ表面の汚染堆積物を簡単にプロセスチャンバから取り除かれる揮発性種に変換し、望ましくない副生成物をそれ以上発生しない方法を提供することは望ましいことであろう。

【0010】効率的なプラズマチャンバドライクリーニング方法であって、進行中のウエハエッチングプロセスとは独立して、又はその一部として操作できる方法を持つことはさらに好ましいことであろう。そのような間欠的クリーニング技術は、ウエハ処理プロセス能力をそれほど邪魔はしないであろうし、プラズマチャンバの内部表面上のクレーク状の汚染エッチング副生成物の蓄積を阻止するであろう。そのようなそのまま(in situ)清浄化技術の全体としての有利な点は、プロセスされているウエハ(よりすくない汚染、又は欠陥のよりすくないワークピース)の改善された品質管理であり、通常の湿式クリーニングにおいて必要なプラズマチャンバの運転停止を減らすことである。大型のチャンバにおいてはそのような運転停止により、24時間の真空チャンバのコスト的に割合わない期間となり、従って、プロセスされたワークピースの製造ロスとなる。

本発明は、真空プラズマプロセスチャンバの内部表面及び部材上で既に堆積した寄生的残渣の除去のために、原子状酸素の全くないプラズマ環境で使用される正確なドライクリーニング化学種処方の発見に基づくものである。無機ガスを含む塩素及びフッ素のガス混合物は、プラズマ処理チャンバの内部部材及び表面のプラズマドライクリーニングにおいて効果的であることが見出された。清浄化の機構はよく知られていないが、本発明の無

機ガス処方は $\text{NF}_3$ のようなフッ素含有ガスを含むものであり、炭素物質を取り除くプラズマ条件下でおそらく有機物残渣と反応するものと考えられるであろう。1つの可能性のある全反応は次の式で与えられる。



塩素含有ガスはおそらく、金属汚染物残渣と反応し、ガス状の金属塩化物 $\text{AlCl}_x$ 、最もありうるのは $\text{AlCl}_3$ を生成すると考えられる。

【0012】

【発明の効果】本発明は、半導体プロセスチャンバの内部表面に蓄積された汚染プラズマプロセス副生成物の蓄積を清浄化し、制御し、それゆえチャンバの主清浄化に必要な装置の停止時間を大きく減少させる方法を提供するものである。本発明は、酸素又は原子状酸素含有種が存在しない塩素及びフッ素含有ガスのある種の混合物を使用して単一のプラズマ活性ドライクリーニングステップを提供することにより必要なチャンバの湿式清浄化の間隔を拡張するものである。この単一のクリーニングステップは、(a)等しいか、より多い量のフッ素含有ガスと、等しいか、より少ない量の塩素含有ガスからなるハロゲン含有プラズマ反応ガス混合物を、原子状酸素含有種を実質的に含まない真空プラズマプロセスチャンバ内へ導入することと、(b)前記反応ガスのプラズマを発生させることと、及び(c)前記プラズマ及び/又は発生した種を、プラズマガスが選択的に有機残渣及び金属残渣と反応し、チャンバの出口ポートを通じてチャンバから除かれるガス種に揮発化させるチャンバの内部表面に付着している蓄積した残渣に接触させることを有する。

【0013】本発明を他と区別するものとしては、ハロゲン含有プラズマ反応ガスのある混合物は、酸素の存在なしでプラズマ活性となり、その結果プラズマは、チャンバ内部表面に接触し、チャンバから表面付着残渣を効率的かつ効果的に揮発化することである。本発明の清浄化技術は半導体の進行中のプラズマプロセスと独立したプロセスとして、又は副次プロセスとして使用され得る。このようにして、チャンバの主湿式清浄化に必要な運転停止間隔はより少ない回数となり、それにより半導体のプラズマプロセスの全体のコスト効率を改善するものである。

【0014】アルミニウムのプラズマエッチングはプラズマプロセスチャンバ内で実施される場合、チャンバ壁に見出される非蒸発性汚染堆積物の少なくとも一部は、 $\text{Al}_x\text{Cl}_y$ の重合体形状である。ここでxおよびyは約1から約5の間の数である。

【0015】一般的には、これらの非蒸発性汚染堆積物は、プラズマエッチングの間にエッチングチャンバ内で、炭素、ホウ素、窒素、水素のような種々の元素の存在により形成される。本発明の無機ハロゲンガス混合物

を実質的に酸素のない環境下で使用する反応チャンバのプラズマドライクリーニングは、これらの汚染物群のねらい撃ちを可能としチャンバから揮発化かつ迅速に取り除くことを可能とする。

【0016】さらに、本発明のドライクリーニング処方は、他の金属酸ハロゲン化物のような望ましくない固体汚染副生成物を形成しない。この金属酸ハロゲン化物は、蓄積 $\text{Al}_x\text{Cl}_y$ で汚染されたチャンバのエッチングドライクリーニングにおいて通常予想されるものである。

10

【0017】本発明に先行して、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{SF}_6$ 、又は $\text{F}_2$ 、および $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$ のようなフッ化物ガスを、酸素 $\text{O}_2$ との組合せで使用することは通常によく知られており、そして、蓄積した有機残渣を取り除くためのドライエッチング清浄化において効果的であった。しかし、これらのプラズマ反応ガスは汚染副生成物である、アルミニウム( $\text{Al}_x\text{O}_y\text{F}_z$ )を発生する。アルミニウム酸フッ素化物の形成は、一般的には避けられないものと考えられていた。清浄化処方には酸素が実際には存在するからである。本発明のエッチングドライクリーニングガス処方は、等しいかより多い体積量のプラズマ反応無機フッ化物ガスと、等しいかより少ない体積量の無機塩化物ガスの混合物を、酸素種が実質的にないプラズマ環境で使用するにより望ましくない副生成物が形成するという予想を打ち破るものである。

20

【0018】本発明は、プラズマプロセス装置及びその内部表面を清浄化する方法であって、実質的に原子状酸素のないプラズマ環境下で本発明のハロゲンエッチングガス混合物処方を用いるものを提供する。さらに、副次プロセスとして本発明のエッチングドライクリーニング技術を用いることを含む半導体ワークピースのプラズマエッチングの方法を提供する。本発明の無機ハロゲンガス混合物の効果及び効率は、進行中のプラズマエッチングプロセスにおいて、それを間欠的またはそのままのステップとして使用可能とするものである。そのような応用の有利な点は、主湿式清浄化のためのひんばんなチャンバ運転停止をすることなく、従ってウエハ処理能力を損なうことなく、チャンバの内部表面から継続的に汚染残渣を除去することを含むものである。さらに、本発明のクリーニング技術は、プラズマエッチングプロセスにおいては浮遊する粒子状汚染物に必然的になるフレーク状の蓄積を避けるべくいつでもにまた非破壊的な頻度で使用され得るものである。

30

【0019】本発明の方法は次のステップを有するものである、

- 等しいか、又はより体積的に多いフッ素含有ガスと、等しいか、又はより体積的に少ない塩素含有ガスのガス混合物をプラズマプロセスチャンバへ導入するステップと、
- プラズマ反応ガス混合物を活性化して原子状酸素含

40

50

9  
有種が実施的にない環境下でプラズマを形成するステップと、および

c) チャンバの内部表面をプラズマの揮発性反応種と接触させて、蓄積された固体プラズマプロセス残渣の少なくとも一部が揮発化されチャンバから除くステップ。

【0020】本発明は、さらに、ワークピースの残渣制御プラズマプロセスの方法に関するものであり、

a) チャンバとお互いに逆に向けられた一対の電極からなるプラズマプロセス装置を与えて、

b) チャンバ内で、一方の電極が半導体ワークピースを保持し、プラズマ放電条件を発生するに十分な電気エネルギーを供給して、

c) 電極に供給されている電気エネルギー条件下でプラズマ生成可能な反応ガスをチャンバへ流して、

d) 固体残渣が生成され汚染堆積物としてチャンバの内部壁に付着するところで、ワークピースをプラズマプロセスして、

e) ワークピースをチャンバから取りだして、さらに

f) 次の、

1) 等しいか又は体積的により多い量のフッ素含有ガスと、等しいか又は体積的により少ない量の無機塩素含有ガスの反応性ハロゲンガス混合物を、原子状酸素種が実質的にないチャンバの内部空間に導入して、

2) 反応性ハロゲンガス混合物のプラズマを発生し、さらに

3) チャンバの内部表面に付着している蓄積した汚染堆積物をそのプラズマ（及び／又は反応種）と接触させて、プラズマが残渣をガス性種に変換し、チャンバから除く、ことからなるドライクリーニングステップとを有する方法に関するものである。

【0021】本発明は、また、ワークピースをプロセスする、金属チャンバと、プラズマ発生物質と前記エッチングチャンバへそのような物質を導入する手段と、プラズマを発生するための前記チャンバ内の電極に電気的に結合され電磁気エネルギーを有するプラズマ装置の改良であって、その改良は、等しいか又は体積的により多い量のフッ素含有ガスと、等しいか又は体積的により少ない量の無機塩素含有ガスの反応性ハロゲンガス混合物からなるプラズマ発生ガスを、原子状酸素種が実質的にないプラズマ環境への導入の調整手段を含むものである。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明のプラズマプロセス方法において、あるハロゲンエッチングガスの混合物が、プラズマプロセス装置の内部表面をドライクリーニングする処方として使用されるものである。本発明のガス混合物のドライクリーニングへの応用は、実質的に酸素種がないプラズマ環境下で実施される。このガス混合物の1つは、 $\text{SF}_6\text{NF}_3$ 、 $\text{ClF}$ 、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、および $\text{CF}_4$ のようなフッ素含有ガスである。

【0023】他のガスは、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{BCl}_3$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{Cl}_4$ 、及び $\text{SiCl}_4$ のような無機の塩素含有ガスである。本発明のハロゲン化清浄化ガス混合物は、等しいか又は体積的により多い量のフッ素含有ガスと、等しいか又は体積的により少ない量の塩素含有ガスを含む好ましい混合物を有効とするために別のガス流速度でチャンバへ供給される。好ましくは、ハロゲンガス混合物は、体積の大部分がフッ素含有ガスを50%より多い（しかし好ましくは、ガス混合物の体積で90%を越えない）ものである。プラズマプロセスチャンバの内部表面の効果的なドライクリーニングを可能とするのは、原子状酸素種が実質的にないプラズマ環境で操作する反応ガス混合物による結合効果である。

【0024】本発明は、さらに、本発明のハロゲンガス混合物によるプラズマドライクリーニングによりプラズマ反応チャンバの内部表面から汚染パーティクル除去のための方法及び装置、に関する。本発明は、金属製ワークピースのプラズマエッチングにおいて発生する寄生的汚染体積物を取り除くに特に有用である。このプロセスは次の好ましい実施例において、金属エッチングプロセスにおいて発生する有機金属的堆積物、特にアルミニウムを含む有機金属物質及び化合物の蒸発という言葉で説明されている。しかし、本発明の無機ハロゲンガス混合物を、プラズマエッチングシステムで、プラズマ発生副生成物を揮発させ、プラズマチャンバ壁から取り除く目的のために使用するという考えは、半導体プロセスチャンバに対し一般的に応用可能である。

【0025】エッチングチャンバのドライクリーニングで使用される $\text{SF}_6$ のようなフッ素含有ガスは、使用される本発明のハロゲン化エッチングガス混合物の全量の約50から90体積%の範囲となるべきである。従って、塩素含有ガスは、約10から50体積%となるべきである。好ましくは、フッ素含有ガスの量は約52%から88体積%の範囲である。そのようにすると例えば、本発明のエッチャントガス混合物は、9リットルのエッチングチャンバへ、約20標準立方センチメートル毎分（ $\text{sccm}$ ）から約60 $\text{sccm}$ の流速で流される場合、フッ素含有ガスの流速は約10 $\text{sccm}$ （20 $\text{sccm}$ の50体積%）から、約54 $\text{sccm}$ （60 $\text{sccm}$ の90体積%）となる。より大型または小型のエッチングチャンバが使用される場合には、流速はそれぞれ、増加または減少方向へ調節されるが、プロセスで使用されるドライエッチャントガス混合物の全量に対してフッ素含有ガスの比は同じに保持される。

【0026】本発明のドライクリーニングエッチングプロセスのためのエッチングチャンバへ流されるエッチャントガスの全量は、チャンバのサイズ及びウエハのサイズにいくぶん依存する。通常、容量結合プラズマエッチングシステムであるApplied Materials Precision 5000 M ERIE Etch Systemのような約1.3リットルのエッチング



チャンバについては、全ガス流は、約20 sccmと約500 sccmの間にあることが適しており、好ましくは、約200 sccm以下に保持されるものである。誘導結合プラズマエッチング反応装置のような他のエッチングチャンバについては、ガス流速は調整が必要となるであろう。

【0027】ドライクリーニングプロセスは、プラズマチャンバ壁上に堆積された無機及び有機の寄生的堆積物を揮発させるために活性種の適当な濃度を達成するための通常のプラズマグロー放電プロセス条件下で実施され得る。必要なことは、フッ素含有ガスは、体積的に塩素含有ガスよりも等しいか又はより多いことである、従って、フッ素含有ガスは、塩素含有ガスよりもより大きな速度でチャンバへ導入されることである。このガス流差は特に重要である、塩素含有ガスが多いと効果的なドライクリーニングとならず、フッ素含有ガスの体積で90%を超える混合物は、望ましくない汚染物であり、粉状アルミニウムフッ化物種 $Al_xF_z$ の形成をもたらす。容量結合エッチング装置を使用するドライクリーニングエッチングプロセスにおいて、フッ素含有ガスのガス流速は、一般的には、30 sccmから50 sccmの範囲である、一方塩素含有ガスのガス流速は140から20 sccmの範囲である。誘導結合エッチング装置を使用するドライクリーニングエッチングプロセスにおいて、フッ素含有ガスのガス流速は、一般的には、90 sccmから150 sccmの範囲である、一方塩素含有ガスのガス流速は80から20 sccmの範囲である。

【0028】(a) ガス混合物の成分及び流速、(b) チャンバ圧力、(c) チャンバ壁温度、(d) ワークピースペディスタル温度、及び(e) 供給RF電力レベル、のプロセス変数は最適のプラズマドライクリーニングを達成するために選択され得る。上で示したが、炭素含有ガスは本発明のプラズマ汚染除去プロセスで操作可能である、しかし、そのような有機ガスはプラズマ放電条件下である程度重合するものであることは理解されるべきである。そのような重合体生成およびその後のチャンバ内部状での堆積は、本発明の無機ハロゲンガス処方のエッチングドライクリーニング使用においては逆効果である。この理由で、無機フッ素含有ガスが本発明においては実際上好ましいものである。有機フッ素含有エッチャントガスは効果的であり、本発明の実施において操作可能であることはしかし理解されべきである。

【0029】本発明の範囲内のフッ素含有ガスは、 $SF_6$ 、 $NF_6$ 、 $CF_4$ 、 $CHF_3$ 、 $C_4F_8$ 及びその混合物を含む。好ましいフッ素含有ガスは $SF_6$ 、 $NF_3$ を含むガスの無機物のものである。混合物の第2の成分としての塩素含有ガスは、 $Cl_2$ 、 $HCl$ 、 $BCl_3$ 、 $CCl_4$ 、 $SiCl_4$ 及びそれらの混合物が含まれる。

【0030】通常のプラズマ補助アルミニウムエッチングは、 $BCl_3$ 、 $Cl_2$ 、及びオプションとして $N_2$ のプ

ロセスガス混合物が使用される。塩素を用いたアルミニウムエッチングプロセスの間、基板上のアルミニウムは塩素原子と反応し、可能性として、塩素含有分子と反応し、揮発性塩化アルミニウム種を形成する。このエッチング副生成物のいくらかはチャンバからポンプで除去される、一方そのいくらかは、プロセスチャンバ内の他の反応種であるパターン用ホトレジストからの有機種と反応するかまたは付加して、非揮発性物質を与え、その多くは、プロセスチャンバ壁表面上に強い汚染として緩く堆積されるものである。

【0031】本発明のハロゲンガス混合物を用いる発明のプラズマエッチングドライクリーニングプロセスは、従来の容量放電(平行板)プラズマ発生装置との組合せ、又は誘導結合プラズマ発生装置との組合せで使用可能である。本発明のエッチングプロセスの間エッチングチャンバに伴うプラズマは、エッチングチャンバ内で発生したプラズマ、又はエッチングチャンバ自体に向かって発生したプラズマを含み得るものであり、反応種はプラズマ源からチャンバへ向かって流れ下りる。

【0032】図1は従来の、閉鎖型金属プラズマエッチングチャンバ110を含む平行板エッチング装置100を示すものであり、頂部蓋112、通常アルミニウム製の側壁122、及び、チャンバの内部空間の部分真空のための排気真空ポンプ(図示されず)への結合115を有するチャンバハウジング114を有する。エッチャント及び本発明のドライクリーニングガスは、バルブ付き流入システムを経てガスが供給されるガス供給プレート116を通じてチャンバ110へ入る。装置は、さらに、この装置はRF電力供給源117を含み、これはワークピース保持ペディスタル120として作用するカソードと、チャンバ壁122、チャンバハウジング114、チャンバ蓋112、及び接地アノードとして作用するガス供給プレート116との組合せで作動するものである。ワークピース121はペディスタル120の上に保持され、これは接地アノードチャンバ壁122からはシールド(図示されず)され、隔離されている。プラズマエッチングシステムは、通常ワークピース121の一般的領域118に反応ガスプラズマが集まるように、ガス供給プレート116とペディスタル120の間にガスを引き込むように構成されている。しかし、プロセスウエハ121を取り除き、本発明のガス処方を導入することにより、進行中のウエハワークピース121エッチングプロセスで形成された蓄積汚染物を内部表面からドライエッチングクリーニングすることが可能である。

【0033】図1において、プラズマがプラズマチャンバ110の領域118でペディスタル120にRF電源を供給することにより発生する。プラズマ領域118の外部境界は、エッチングチャンバ100の操作パラメータに依存する。エッチングガスはプラズマチャンバ110から、供給される真空(図示せず)に応じて管11



ウム ( $AlF_x$ ) 及びアルミニウム酸フッ化物 ( $Al_xO_yF_z$ ) 化合物が形成されることを示している。このような化合物は、寄生的汚染物としてプロセスチャンバの表面に蓄積し得るものであり、また、ガス分布プレートの小孔を閉塞する可能性がある。また、データーは、フッ素含有プラズマクリーニングガスが単独のハロゲンクリ

素含有プラズマクリーニングガスが単独のハロゲンクリ \*

高分解能 ESCA データ: 結合エネルギー、原子百分率及びピーク帰属

(結合エネルギーは284.6eVでの  $-(CH_x)_n$  信号の結合エネルギーに対応)  
原子百分率は高分解能データから算出  
ピーク帰属は基準化合物の結合エネルギーに基づく

サンプルの種類	Al <sub>1s</sub>	S <sub>2s</sub>	C <sub>1s</sub>	C <sub>2s</sub>	C <sub>2p</sub>	N <sub>1s</sub>	N <sub>2s</sub>	O <sub>1s</sub>	O <sub>2s</sub>	F <sub>1s</sub>	F <sub>2s</sub>
パターン化ウェハを60℃でエッチング、その後、チャンバ壁の $O_2/SF_6$ プラズマドライクリーニング											
結合エネルギー(eV)	76	170	285	286	289	400	402	533	534	485	687
原子百分率	19	0.8	14	4	3	1	1	5	3	11	35

ピーク帰属  $Al_{1s} = AlF_x$   $S_{2s} = SO_x$   $C_{1s} = C-R$  ( $R = C, B$ )  
 $C_{2s} = C-OR_x, C-R$   $C_{2p} = O=C-OR$   $N_{1s} = NR_x$   
 $N_{2s} = N-R_x$   $O_{1s} = C=O$   $O_{2s} = C-O$   
 $F_{1s} = \text{イオン F}$   $F_{2s} = \text{イオン F}$

アルミニウムの結合構造は、アルミニウム含有エッチング副生成物の少なくとも一部が、エッチング中に、有機物種との複雑な有機金属反応を起こさないことを示唆している。塩化アルミニウム分子と多くの有機物分子の双極子モーメントは大きい (電子の不均一な分布による)、塩化アルミニウム分子がファンデルワールス力又は双極子相互作用により有機物種に結合される可能性は高い。そこで、プロセスチャンバの表面からアルミニウム含有汚染物を除去するには、ファンデルワールス力又は双極子相互作用を失わせることのできる“反応種 (reactive species)” に塩化アルミニウム/有機物種化合物を接触させる必要がある。本発明によれば、このような“反応種”の一つがフッ素含有ガスと塩素含有ガスの無機ガス混合物である。

【0039】プロセスチャンバの表面から汚染物を除去するために用いられる本発明のガス混合物である、フッ素含有ガスを伴う無機塩素含有“反応種”ガスの量は、非常に良好なクリーニング結果を得るのに極めて重要である。

【0040】例えば、汚染物を形成するアルミニウム含有化合物上の共有結合を反応的に分解し破壊するため、或は、結合力を失わせるために、且つまた、フッ化アルミニウム又はアルミニウム酸フッ化物種或はその他の形成され得る不揮発性アルミニウム含有化合物の生成を抑制するために十分な反応種塩素含有無機ガスを有することが望ましい。フッ素含有クリーニングガスの有効性が減じられないことも、同じく重要である。迅速な汚染物除去は、全ガス混合物におけるフッ素含有ガスの容積濃度が少なくとも50%又はそれ以上であることに依存することが見いだされた。これに関連して、塩素含有ガスは本発明の全フッ素/塩素ガス混合物の体積に対し

\*クリーニングガスとして用いられた場合、不揮発性フッ化アルミニウム ( $AlF_x$ ) 種が生成されることを示唆している。

【0038】

【表2】

20 て10%~約50%の最小量で存在すべきである。

【0041】

【実施例2】アルミニウムエッチングチャンバの本発明で改良されたドライクリーニングプロセスの開発において、3種類のドライクリーニングプラズマを評価した、すなわち、酸素を基とした化学種を使用するもの、フッ素を基とした化学種を使用するもの、及び塩素を基とした化学種を使用するものである。例えば、 $O_2$ 、 $SF_6$ 、 $O_2/CF_4$ 、 $O_2/N_2$ 、 $BCl_3/Cl_2$ 、 $SF_6/Cl_2$  を含むクリーニングプラズマである。汚染堆積物はプロセスチャンバ内のある場所からは取り除かれたが、酸素-フッ素を基とした化学種では、塩素を基とした化学種との組合せたフッ素を基とした化学種を使用して得られる結果ほどよくはなかった。

【0042】この例は、本発明のドライクリーニングプラズマ発生ガスの適切な混合物と、プロセスチャンバ圧力と、エッチングプラズマチャンバの改良ドライクリーニングを達成するためのRF電力源とを選択するために用いられる技術を記載している (一定の操作壁温度は約65℃であり維持されている)。チャンバを調整するために、アルミニウム層で覆われた固体シリコンからなるワークピースであって、さらにShipley1400-33ホトレジストからなるパターン化されたホトレジストを積層したワークピースを供する。グロー放電プラズマ環境が、それぞれ約50sccmで流される  $BCl_3$ 、 $Cl_2$ 、及び  $N_2$  ガスをを用いて作られる。供給電力は500から800の間であり、プロセスチャンバ圧力は約200から600ミリの範囲であり、操作ワークピース温度は約80℃であり、チャンバ壁温度は65℃に維持される。電力は3分間供給され、そのうち、チャンバ全体に約0.2 (2000オングストローム) マイクロメータ

一の固体フィルムが被覆していることが見出される。

【0043】実験は、上に挙げた処方を使用してこの被覆されたチャンバのドライエッチングクリーニングを用いて行われた。最も効果的な処方は $\text{SF}_6/\text{C}_{12}$ 混合物であり、 $\text{SF}_6$ は、酸素よりも遅い速度で炭化水素をエッチングするが、全体として、アルミニウム酸フッ化物（白色粉）形成は極めて少量か又は全くないチャンバ内での重合体の量を減少させることにおいて極めて効果的であることが見出された。

【0044】さらに、研究された他のドライクリーニング化学種には $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{CF}_4$ 又は $\text{SF}_6$ 自体、及び $\text{O}_2/\text{CH}_3\text{OH}/\text{CF}_4$ 又は $\text{SF}_6$ があるが、これらはアルミニウム酸フッ化物（白色粉）形成の制御又は除去には効果的でなかった。酸素を含むすべての処方においてアルミニウム酸フッ化物が発生した。 $\text{O}_2/\text{CF}_4$ のような普通に使用されるドライクリーニング処方は、有機化合物を取り除くには効果的ではあるが、重合体形状でアルミニウムの存在によりアルミニウムエッチングチャンバの清浄化には適していない。これらのドライクリー

ドライクリーニング後の重合体の化学組成  
(ESCA分析, 原子百分率)

	NO ドライクリーニング	$\text{O}_2/\text{CF}_4$ ドライクリーニング	$\text{O}_2/\text{SF}_6$ ドライクリーニング	$\text{O}_2/\text{CF}_4/\text{CH}_3\text{OH}$ ドライクリーニング	$\text{SF}_6/\text{C}_{12}$ ドライクリーニング
炭素	56	36	23	36	33
窒素	5	9	8	9	7
酸素	23	26	27	28	25
アルミニウム	7	5	10	6	12
フッ素	1	0.2	16	1.3	18
塩素	8	16	11	15	7

他の実験は図1の設計構造を有するエッチングチャンバで本発明の $\text{SF}_6/\text{C}_{12}$ クリーニングガス混合物を用いて行われた。上例で示したように、チャンバは、アルミニウムエッチングプロセス処方からのガスを使用して、ホトレジストが塗布されたウエハからの堆積物で被覆された。エッチングされたウエハ間のドライクリーニングの頻度は約25から50ウエハの間であった。クリーニング処方の $\text{SF}_6$ の流速は85 sccmであり、 $\text{C}_{12}$ の流速は、10 sccmであった。チャンバは100ミリートル、200ワット、0ガウスで運転され、ドライクリーニング処理には60秒から6分の間であった。これらの実験は400ウエハを使用して行われた。

【0047】これらの実験は、酸素が実質的にないプラズマ環境のにおいて供されるこの $\text{SF}_6/\text{C}_{12}$ クリーニングガス処方がエッチング品質に影響を与えないことを示す。

【0048】さらに、ドライクリーニングにおいてこのガス混合物を使用することは、平均清浄ウエハ(mean wafer between clean (MWBC))率（湿式清浄化間にプロセスされる平均ウエハ数）は10から20%増加することが

\*ニング化学種により有機物質も取り除かれるが、酸素及びフッ素の存在による $\text{Al}_x\text{O}_y\text{F}$ 形成は避けることができない。上で強調したように、この白色粉は、反れ自体、パーティクル汚染の問題を引き起こすものであり、ガス供給プレートの穴を詰らせる。 $\text{SF}_6/\text{C}_{12}$ は、チャンバの条件に大きく影響を与えることなく炭化水素の除去に最も効果的であった。

【0045】下の表3は、ドライクリーニング後のチャンバ上に残る重合体被覆物の成分の分類を示す。 $\text{SF}_6/\text{C}_{12}$ ドライクリーニング後の重合体中のフッ素量は、 $\text{SF}_6/\text{O}_2$ ドライクリーニング後のものと同じであるが、酸素が存在しないことは、アルミニウム酸フッ化物（白色粉）反応生成物の形成を防ぐ。さらに、 $\text{SF}_6/\text{C}_{12}$ ドライクリーニングは、粒子スパイクを減少させ、そしてエッチング速度又は均一性に影響はないことが見出された。また、ドライクリーニングは他のプロセス条件もパラメーターにも影響を与えなかった。

【0046】

【表3】

見出された。

【0049】図1のエッチングチャンバは、プラズマ源が、カソードペディスタルとチャンバのアノード壁に容量的に結合しているものであり、すなわちペディスタルとチャンバが1つの電力源を持つものである。図2は、誘導的に結合するプラズマエッチングチャンバを示す。誘導結合プラズマ反応装置は、現在は、金属及び誘電体エッチングを含む半導体ウエハの種々のプロセスを行うために用いられているものである。エッチングプロセスにおいては、誘導結合プラズマの1つの有利な点は、高密度プラズマが、ワークピース（ウエハ）上で製造されている集積回路装置への損傷を減少させるための最小のプラズマDCバイアスで、大きなエッチング速度を可能とするために供されることである。この目的で、アンテナへ供される電源と、ウエハペディスタルへ供されるDCバイアスは別々に制御されるRF供給源である。バイアスと、電力源を分離することは、よく知られた技術によりプラズマ濃度とイオンエネルギーの独立制御を可能とするものである。誘導結合プラズマを生成するために、アンテナは、チャンバに隣接するコイルインダクターで

あり、そのコイルインダクターはRF電力源へと結合されている。コイルインダクターは、プラズマを維持するためにRF電力を供する。コイルインダクターの構成は、反応チャンバ内でのプラズマイオン濃度の空間分布を大きく決定するものである。

【0050】図2を参照して、誘導結合RFプラズマ反応装置は、接地された伝導性円筒状側壁10と、誘電性シーリング12を有する反応チャンバであって、反応装置は、チャンバの中心部で半導体ウエハ16を保持するウエハペディスタル14と；螺旋状インダクターコイル40であって、ウエハ又はウエハペディスタルの頂部平面近傍から始まってチャンバの上部の周りを囲み、かつチャンバの頂部方向へそこから上に延びているものと；プロセスガス源22および、プロセスガスをチャンバ内へ導入するガス流入口24と；真空ポンプとチャンバ圧力制御スロットルとを有するものである。コイルインダクター40は、RF発生装置28のプラズマ電力源により通常のアクティブRFマッチング回路を通じて駆動され、コイルインダクター40の頂部の巻部は「熱く」、底部の巻部は接地されている。ウエハペディスタル14は、内部誘導部32であってバイアスRF電力源又は発生装置34に結合されたものを有し、かつ外部接地コンダクター36（内部伝導部32から絶縁されている）を有するものである。伝導接地RFシールド20はコイルインダクター18を取り囲む。

【0051】より新しい世代の誘導結合プラズマ反応装置は、先行する古い型のものよりもより高いエッチング速度を与える。従って、汚染堆積速度も増加し、パーティクル発生開始より早くなる。それゆえ、これらのより速いより効率的なチャンバ又はエッチング装置のばあいにはより主湿式クリーニングのための運転停止であるプロセス停止はより高価なものとなるので、主湿式クリーニングに先立ってする中間的なクリーニング技術の必要性が大きい。これらの装置（図2に示されたように）における汚染パーティクルの蓄積の最も大きい源は、ドーム（シーリング）の内部の上部と、クランプリング15（静電チャックが設けられている場合には使用されない）、フォーカスリング13及びペディスタルカバー

（図示せず）を含むプロセスキットである。本発明の無機ハロゲン化ガス混合物のドライクリーニングエッチングの応用は、プロセスキットとをクリーニングするためと、これらの反応装置のMWBCを大きく増大させるためである。通常、過剰のパーティクル蓄積による欠陥のため湿式クリーニングのためにチャンバを開ける必要性は、チャンバのドーム又は壁の内部表面からの蓄積物及びクランプリング15又はフォーカスリング装置13からのクレーク状物の剥がれ落ちによることにより引き起こされる。

【0052】実験は、純粋な塩素と種々のSF<sub>6</sub>/C1<sub>2</sub>クリーニングガス処方を用いて、誘導結合プラズマチャンバにて行った。SF<sub>6</sub>/C1<sub>2</sub>処方は、sccm比率30/140、60/110、90/80、150/20で、170sccm固定総流量の条件で試験された。純粋塩素ガスでのドライクリーニングは、チャンバのドーム上の蓄積物のいくらかを取り除くことが見出されたが、SF<sub>6</sub>の量を追加していくとその蓄積物の除去は劇的に改善され、150/20SF<sub>6</sub>/C1<sub>2</sub>ガス処方はドーム上の蓄積物を完全に取り除いた。ドーム上と、ドームの端部チャンバ壁上に残った堆積物の厚さはSF<sub>6</sub>の比率を高めると減少することが見出された。

【0053】定量的には、SF<sub>6</sub>/C1<sub>2</sub>クリーニングガス処方中のSF<sub>6</sub>の量が増加するとドームの内部表面は劇的に清浄化される。

【0054】上の実験データは、本発明のハロゲン化ガス混合物がドライクリーニング技術であって、より効果的にプラズマプロセスチャンバ内で蓄積する残渣を防止し、クリーニングの必要がより少なく、より効果的に運転可能とする結果をもたらすものであることを示している。

【0055】本発明に記載されるように、当業者にとっては、本発明の範囲内で種々の態様が可能であることは明らかである。例えば、図1及び2のチャンバ構成は例示である。他のプラズマ装置もまた、同様に、本発明のドライクリーニング処方を使用することにより効果的なクリーニングがもたらされる。

#### 【図面の簡単な説明】

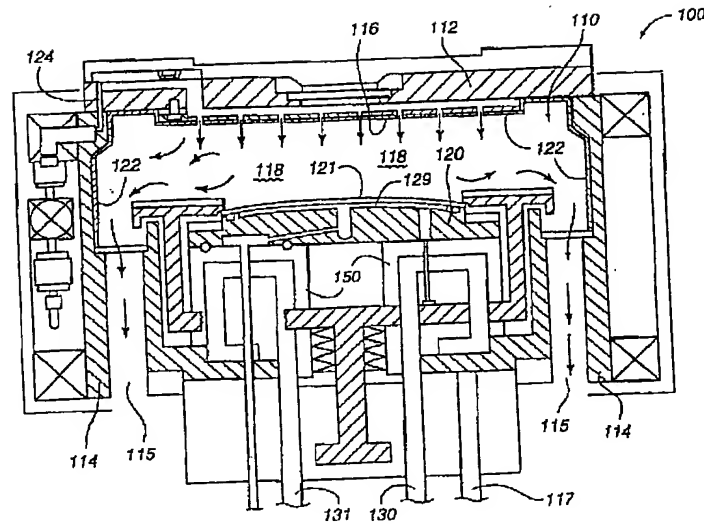
【図1】 模式垂直断面図、容量結合プラズマエッチング装置の、本発明の無機ハロゲンガス混合物の清浄化効果を示す図である。

【図2】 バイアス電力源からウエハペディスタルへ非結合のプラズマ電源を有する、誘電結合エッチング装置の模式図である。

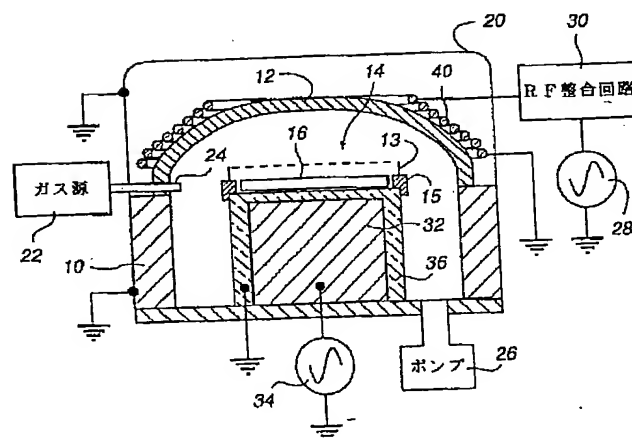
#### 【符号の説明】

10…伝導性円筒状側壁、12…誘電性シーリング、13…フォーカスリング、14…ウエハペディスタル、15…クランプリング、16…半導体ウエハ、18…コイルインダクター、20…伝導接地RFシールド、28…RF発生装置、32…内部伝導部、34…バイアスRF電力源、36…コンダクター、40…螺旋状インダクターコイル、100…平行板エッチング装置、110…プラズマエッチングチャンバ、112…頂部蓋、114…チャンバハウジング、115…排気真空ポンプ結合、116…ガス供給プレート、117…RF電力供給源、120…ワークピース保持ペディスタル、121…ワークピース、122…側壁、118…領域、129…内部ギャップ、130…管、131…管

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 ダイアナ シャオピン マ  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、  
サラトガ、キルトコート 19600  
(72)発明者 ジェラルド ゼヤオ イン  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、  
モース アヴェニュー 1063、ナンバー  
17-205  
(72)発明者 ケシャヴ プラサド  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、  
サンノゼ、ブライアーリーフサーク  
ル 1202

(72)発明者 マーク シーゲル  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、  
サンタクララ、パウアーズアヴェニ  
ュー 3050  
(72)発明者 スティーヴ エス. マック  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、  
プレゼントン、モンテヴィノドライブ  
878  
(72)発明者 ポール マルティネス  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、  
ミルピタス、ステラーウェイ 1163

(72)発明者 ジェイムス エス. パパニユ  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
サン ラファエル, ホーリー ドライヴ  
351

(72)発明者 ダニー チェン ル  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州,  
ミルピタス, オレゴン コート 1006

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**